

Международный союз электросвязи

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SM.1837  
(12/2007)

## Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка ( $IP_3$ ) приемников радиоуправления

Серия SM  
Управление использованием спектра



Международный  
союз  
электросвязи

## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
<b>BO</b>	Спутниковое радиовещание
<b>BR</b>	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
<b>BS</b>	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	Радиовещательная служба (телевизионная)
<b>F</b>	Фиксированная служба
<b>M</b>	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
<b>P</b>	Распространение радиоволн
<b>RA</b>	Радиоастрономия
<b>RS</b>	Системы дистанционного зондирования
<b>S</b>	Фиксированная спутниковая служба
<b>SA</b>	Космические применения и метеорология
<b>SF</b>	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	<b>Управление использованием спектра</b>
<b>SNG</b>	Спутниковый сбор новостей
<b>TF</b>	Передача сигналов времени и эталонных частот
<b>V</b>	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация  
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1837\*

**Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения  
третьего порядка ( $IP_3$ ) приемников радиоконтроля**

(2007)

**Сфера применения**

Настоящая Рекомендация относится к группе Рекомендаций, в которых описываются методы испытаний для определения технических параметров приемников радиоконтроля, важных для пользователей этих приемников. Если производители следуют описанным методам, то сравнение различных приемников упрощается. В настоящей Рекомендации указывается процедура испытаний для определения точки  $IP_3$  приемника радиоконтроля. Это описание процедуры испытаний рекомендуется всем производителям, при этом преимущество для пользователей таких приемников заключается в возможности проведения более простой и более объективной оценки качества продукта.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что в Справочнике МСЭ по радиоконтролю (издание 2011 г.) опубликованы типичные рекомендуемые технические характеристики аналоговых и цифровых приемников радиоконтроля, но ничего не говорится об описании процедур испытаний, которые кроются за этими характеристиками;
- b) что определение точки пересечения третьего порядка ( $IP_3$ ) сильно зависит от применяемых процедур испытаний;
- c) что уровень  $IP_3$ , указанный в перечне данных приемника, в высшей степени зависит от используемых частот испытаний, разнеса испытательных сигналов, уровней испытательных сигналов и преобладающей в ходе испытаний температуры окружающей среды;
- d) что характеристика  $IP_3$  непосредственно влияет на пригодность приемника для выполнения определенных задач радиоконтроля, особенно в реальных условиях окружающей среды (сигналы большого уровня на участках спектра около частоты настройки);
- e) что без определенной процедуры испытаний характеристики  $IP_3$ , публикуемые производителями, можно сравнивать с помощью некоторого преобразования и что выполнить это преобразование может быть сложно или даже невозможно;
- f) что определяемая процедура испытаний в отношении  $IP_3$  не должна зависеть от конструкции приемника;
- g) что для пользователей таких приемников преимущество правильно описанной процедуры испытаний в отношении  $IP_3$  (в случае ее принятия всеми производителями приемников радиоконтроля) будет заключаться в возможности проведения более простой и более объективной оценки продуктов, изготовленных различными производителями, не допуская неопределенностей;
- h) что с дополнительной информацией об этих измерениях  $IP_3$  можно ознакомиться в Отчете МСЭ-R SM.2125 – Параметры ВЧ/ОВЧ/УВЧ приемников и станций радиоконтроля и процедуры измерений при их использовании;
- j) что при сравнении качества работы двух приемников характеристика  $IP_3$  и коэффициент шума или чувствительность рассматриваются одновременно,

---

\* В 2010 году 1-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла редакционные поправки к настоящей Рекомендации в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1-5.

*рекомендует*

- 1 использовать метод измерения, приведенный в Приложении 1, в целях определения точки пересечения третьего порядка ( $IP_3$ );
- 2 что каждое значение показателя  $IP_3$  должно сопровождаться значением коэффициента шума или чувствительности в условиях измерения  $IP_3$ .

## Приложение 1

### Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка ( $IP_3$ ) приемников радиоконтроля

#### 1 Общие вопросы

Уровень  $IP_3$  зависит от:

- РЧ разнеса между двумя испытательными сигналами;
- РЧ уровня двух испытательных сигналов;
- совокупности частот, выбранных для испытания;
- преобладающей в ходе испытаний температуры.

Кроме того, для правильной оценки уровня  $IP_3$ :

- следует измерять и оценивать обе интермодуляционные составляющие, создаваемые приемником для каждой пары испытательных частот. Если их уровни различны, необходимо рассматривать более высокий уровень;
- не следует допускать дублированных измерений (на так называемых "зеркальных частотах"), поскольку они влияют на среднее значение  $IP_3$ . В результате дублированных измерений получаются сходные значения измерений уровня  $IP_3$ , что в действительности не способствует оценке качества приемника;
- должно быть указано *минимальное значение* уровня  $IP_3$  во всем рабочем диапазоне приемника, которое производитель должен опубликовать в перечне данных приемника. В перечне данных должны быть также опубликованы условия проведения каждого испытания (разнос, уровни испытательных сигналов, эквивалентный минимальный уровень шума на входе, состояние АРУ – включенная или выключенная). Для каждого разнеса должно быть указано значение в отношении условий испытания приемников (описываемых в "определениях"). Поскольку значения  $IP_3$  зависят от частоты, производитель может посчитать необходимым дополнительно указывать  $IP_3$  для отдельных полос или диапазонов частот;
- может также указываться *среднее значение* (арифметическое среднее результатов испытательных измерений).

#### Определения

К настоящей Рекомендации применяются следующие определения:

- Условие проведения испытаний приемника определяется как "*условие 1*", если оба испытательных сигнала проходят через полный тракт аналогового сигнала, включая аналого-цифровые преобразователи или детекторы.
- Условие проведения испытаний приемника определяется как "*условие 2*", если оба испытательных сигнала проходят через тракт аналогового сигнала на аналоговый выход по ПЧ.
- Условие проведения испытаний приемника определяется как "*условие 3*", если один или несколько испытательных сигналов исключаются на том или ином промежуточном отрезке тракта аналогового сигнала приемников.



## 2 Основы принципа "уровень точки пересечения третьего порядка (IP<sub>3</sub>)"

Два немодулированных испытательных сигнала одинаковой среднеквадратической мощности  $P_{in}$  на частотах  $f_1$  и  $f_2$  ( $f_1 < f_2$ ) подаются на антенный вход приемника. Ввиду наличия нелинейностей могут появиться две интермодуляционные составляющие на частотах  $f_3 = \{(2 \times f_1) - f_2\}$  и  $f_4 = \{(2 \times f_2) - f_1\}$ .

Уровень IP<sub>3</sub> затем рассчитывается следующим образом:

$$IP_3 = P_{in} + a/2,$$

где:

- $P_{in}$ : измеренная среднеквадратическая мощность каждого из двух поданных испытательных сигналов (дБм);
- $a$ : разница (дБ) между уровнем поданных испытательных сигналов и уровнем интермодуляционных составляющих в точке измерения. Если интермодуляционные составляющие имеют разный уровень, то учитывается больший из них.

### *Изменение минимального уровня шума приемников*

Эквивалентный минимальный шум на входе испытываемого приемника измеряется в течение всего измерения IP<sub>3</sub> при подаче и при отсутствии подключаемых испытательных сигналов. Подробная информация о частотах, используемых для этого испытания ( $f_5$  и  $f_6$ ), размещена в пункте "измерение уровней".

### *Условия проведения испытаний на экспериментальном стенде*

При проведении этого измерения важно иметь достаточную развязку между двумя источниками испытательных сигналов во избежание появления интермодуляционных составляющих, создаваемых в выходных каскадах источников на частотах  $f_3$  и  $f_4$ . Может быть необходимо использовать такие устройства, как вентили, постоянные аттенюаторы, развязывающие усилители или сумматоры мощностей Уилкинсона с большой развязкой. Могут также понадобиться фильтры низких частот для ослабления сигналов вторых гармоник источников.

В целях проверки надежности всех этих устройств испытательной установки измерение IP<sub>3</sub> на экспериментальном стенде может быть выполнено без подсоединения испытываемого приемника. Значение IP<sub>3</sub> экспериментального стенда должно быть, по крайней мере, на 10 дБ лучше ожидаемого значения IP<sub>3</sub> приемника.

### *Измерение уровней*

Уровни измеряются с использованием встроенного индикатора уровня приемника на частотах  $f_1, f_2, f_3, f_4$ , а также на частотах  $f_5$  и  $f_6$  для обеспечения постоянного эквивалентного минимального уровня шума на входе приемника. Частоты  $f_5$  и  $f_6$  представляют соседние каналы полосы пропускания BW приемника ( $f_5 = f_3 - BW$  и  $f_6 = f_4 + BW$ ). Уровни на частотах  $f_5$  и  $f_6$  измеряются при подключенных и отключенных испытательных сигналах. Встроенный индикатор уровня должен быть откалиброван в диапазоне амплитуд ожидаемых измеряемых уровней сигнала. Максимально допустимая абсолютная ошибка составляет  $\pm 1$  дБ, а разрешающая способность цифровой индикации индикатора уровня должна быть  $\leq 0,1$  дБ. Если имеется выход по ПЧ, то допускается также использование анализатора спектра или измерительного приемника, на которые подается тот же выходной сигнал ПЧ приемника, что и на индикатор уровня, в этом случае применяются те же требования к калибровке и точности, что и для встроенного индикатора приемника, однако может быть использован относительно узкополосный измерительный фильтр, с тем чтобы справиться с трудностями, возникающими при измерении значения IP<sub>3</sub> приемников с узкой полосой пропускания.

### *Фазовый шум*

Если уровни интермодуляционных составляющих на частотах  $f_3$  и  $f_4$  близки к минимальному уровню фазового шума или скатам фазового шума, то измеряемые уровни будут представлять собой уровень интермодуляционных составляющих плюс шум. Реальный уровень интермодуляционных составляющих может быть получен путем вычитания вносимого шума.

### *Разнос частот испытательных сигналов*

Разнос частот  $f_1$  и  $f_2$  выбирается в соответствии с п. 3, ниже, и, таким образом, оба испытательных сигнала будут соответствовать либо условию 1, либо условию 2, либо условию 3.

Должна быть указана выбранная полоса пропускания, использованная в ходе измерения.

В качестве испытательных сигналов выбираются, по крайней мере, две пары частот на октаву, равномерно распределенные по всему диапазону частот приемника. Публикуемые значения  $IP_3$  должны быть действительны во всем номинальном диапазоне температур, указанном в перечне данных. Ограничения при их наличии упоминаются в перечне данных. Если существует переменный входной аттенюатор, то в ходе испытаний он должен быть установлен на значение ослабления, равное 0 дБ. В любом другом случае, например, если конструкция приемника не позволяет изменять ослабление вручную, должны быть указаны значение ослабления, использованное при испытаниях, и причина, по которой было использовано значение, отличающееся от 0 дБ. Для предоставления более полных характеристик приемника могут быть приведены измеренные показатели работы при нескольких установках ослабления. Подготовка приемника должна осуществляться при нормальных условиях работы, и в зависимости от измерения следует указывать, подключена или отключена АРУ.

#### *Конфигурация испытываемого приемника*

Если имеется отключаемый предварительный усилитель, то измерения должны выполняться в условиях "предусилитель выключен". Некоторые конструкции приемников не допускают наличия физического выключения усилителя, но в них используется сочетание аттенюаторов с переменным шагом ослабления. При этом сочетании усилителя и аттенюатора усиление должно быть установлено на 0 дБ.

### **3 Определение процедуры испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка приемников для диапазонов частот от 9 кГц до 30 МГц и от 20 МГц до 3000 МГц**

Параметры для испытания  $IP_3$  должны выбираться в зависимости от типичного использования самого приемника. Иногда бывает сложно осуществить сравнение приемников, если области их применения перекрываются. Подход настоящей Рекомендации заключается в проведении испытаний приемников в сравнимых условиях и в том, что:

- необходимо следовать основным соображениям, изложенным в п. 2;
- допустимый диапазон уровней испытательных сигналов  $f_1$  и  $f_2$  на антенном входе приемника радиоконтроля составляет  $-30$  дБм –  $10$  дБм;
- полоса пропускания фильтра ПЧ или разрешение по полосе пропускания (RBW) для измерения могут быть выбраны производителем, однако это решение должно быть реальным для данного типа приемника и предполагаемого применения. Выбранная полоса пропускания (BW) для диапазона частот от 9 кГц до 30 МГц должна быть  $\leq 5$  кГц, а для диапазона частот от 20 МГц до 3000 МГц она должна быть  $\leq 30$  кГц;
- приемники должны испытываться в зависимости от диапазона разнеса испытательных частот. Должен использоваться гармонически увеличивающийся список, начинающийся с 1 Гц и затем увеличивающийся от 3 Гц, 10 Гц, 30 Гц, 100 Гц, 300 Гц, 1 кГц, 3 кГц до 300 МГц. Для многих приемников и применений нецелесообразно оценивать весь диапазон разнесов частот. Может быть выбран иной разнос частот для первой и последней частоты в списке. Однако между этими начальной и конечной частотами необходимо проводить измерения с использованием всех разнесов частот;
- допуск разнеса частот должен составлять  $\leq 1\%$ ;
- измеренные значения  $IP_3$  должны быть сведены в одну таблицу с указанием условия 1, условия 2 и условия 3 проведения измерений, или в отдельные таблицы, в зависимости от числа условий. Для каждого измерения в таблице должны быть приведены использованный разнос частот, указание того, в соответствии с каким условием (1, 2 или 3) выполнено измерение, и измеренное значение  $IP_3$ ;
- каждая запись в таблице должна сопровождаться примечанием в отношении того, отражает ли выполненное измерение условие практического использования приемника в реальной жизни. Дополнительная информация, описывающая условия измерений, может быть приведена в нижней части таблицы.